

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-064704

(43)Date of publication of application : 20.04.1982

(51)Int.Cl.

G02B 5/14
G02B 5/30

(21)Application number : 55-141034

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 08.10.1980

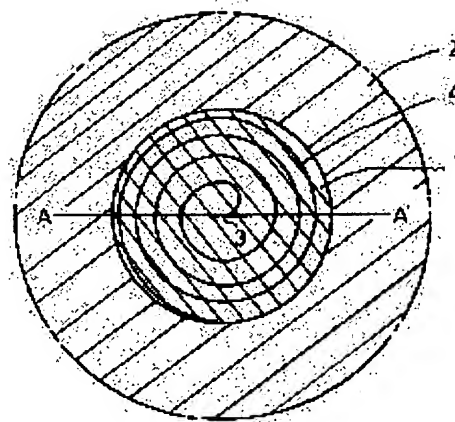
(72)Inventor : OKAMOTO KATSUNARI
HOSAKA TOSHITO
MIYA TETSUO
SASAKI YUTAKA
TAKADA HISAO

(54) ELEMENT FOR CONVERTING PLANE OF POLARIZATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To convert polarizing status simply by forming a spiral part with a high refractive index in a core so that both centers consist with each other and twisting the spiral part toward the center of the core in the longitudinal direction of the core.

CONSTITUTION: Like an ordinal optical fiber, the entitled element is constituted by a core 1 in the center and a clad 2 in the periphery and a spiral part with a high refractive index is formed so as to give the optical fiber multiple refractive indexes. The same effect as the twisting of the optical fiber with multiple refractive indexes itself is obtained by rotating a spiral part 4 with high refractive index centering around the center of the core along the longitudinal direction of the optical fiber and the incident straight polarization is projected after turning the polarizing direction. The converting element for plane of polarization with these constitution can be used together with the optical fiber by connecting them directly.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

⑩ 日本国特許庁 (JP)
⑫ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭57—64704

⑤ Int. Cl.³
G 02 B 5/14
5/30

識別記号

庁内整理番号
7529—2H
6791—2H

④ 公開 昭和57年(1982)4月20日
発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑬ 偏波面変換素子

① 特 願 昭55—141034

② 出 願 昭55(1980)10月8日

⑦ 発 明 者 岡本勝就
茨城県那珂郡東海村大字白方字
白根162番地日本電信電話公社
茨城電気通信研究所内

⑧ 発 明 者 保坂敏人
茨城県那珂郡東海村大字白方字
白根162番地日本電信電話公社
茨城電気通信研究所内

⑨ 発 明 者 宮哲雄

⑦ 発 明 者 佐々木豊
茨城県那珂郡東海村大字白方字
白根162番地日本電信電話公社
茨城電気通信研究所内

⑧ 発 明 者 高田久夫
茨城県那珂郡東海村大字白方字
白根162番地日本電信電話公社
茨城電気通信研究所内

⑪ 出 願 人 日本電信電話公社

⑫ 代 理 人 弁理士 草野卓

明 細 書

1. 発明の名称

偏波面変換素子

2. 特許請求の範囲

(1) コア及びその周辺のクラッドよりなる光ファイバ状に構成され、上記コア内にその中心を中心として、その部分よりも屈折率が高い部分がらせん状に形成され、そのらせん状高屈折率部がコアの径手方向においてコアの中心を中心になじられていることを特徴とする偏波面変換素子。

3. 発明の詳細な説明

この発明はコヒーレント光伝送方式において、伝搬する光の偏光度及び偏光方向を任意に変換する偏波面変換素子に関するものである。

光線に垂直な平面上に直交座標 x, y をとり、光のベクトルのそれぞれの成分を E_x, E_y とすれば、一般に

$$E_x = a_1 \cos(\omega t - \delta_1) \quad (1)$$

$$E_y = a_2 \cos(\omega t - \delta_2) \quad (2)$$

と書ける。 ω は光の角周波数、 t は時間、 δ_1, δ_2 は位相、 a_1, a_2 は振幅である。 $\delta_1 = \delta_2$ であればベクトルが座標軸となす角は時間に関係なく一定で直線偏光である。一般には $\delta_1 \neq \delta_2$ であり、ベクトルは時間とともに大きさ、方向を変える。ベクトルの先端の動く軌跡は式(1)、(2)から t を消去して、

$$\left(\frac{E_x}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{a_2}\right)^2 - 2 \frac{E_x}{a_1} \frac{E_y}{a_2} \cos \delta = \sin^2 \delta \quad (3)$$

となる。ただし

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (4)$$

である。これは一般に楕円を幾何学的に表わすので、これを楕円偏光という。二つの成分の間の位相差及び振幅比が特別な値をとれば、それぞれ特別な場合として円偏光及び直線偏光となる。

光の偏波を利用するコヒーレント光伝送方式(大越、"光ヘテロダインもしくは光ホモダイン型周波数多重光ファイバ通信の可能性と問題点の検討" 光量エレクトロニクス vol. 0 Q E 7 8 - 1 3 9, P.

61, 1978)や光集積回路 (S.E. Miller, "Integrated Optics: An Introduction", Bell. Syst. Tech. Jour., vol. 48, no. 7, P. 2059, 1969) においては、偏光状態や偏光方向を変換する素子が必要である。従来このような目的に用いられる偏波面変換素子で受動素子としては、雲母板等の複屈折性結晶板を適当な厚さにし、直交する2つの偏光の間に生ずる光学的位相差を利用するものが知られている。その位相差が $\pi/2$ 及び π のものをそれぞれ1/4波長板、1/2波長板と呼ぶ。これらの波長板を光ファイバ通信に用いる際には、光ファイバを伝搬する光を一旦レンズ系で外に出し、この1つのレンズと他のレンズとの間に波長板を挿入し、そのレンズ系の出射光を再び光ファイバに入射するという光学系にしなければならない。しかし、このような光学系では系全体を小型化できない、また振動やゴミ等の外的擾乱に弱い等の欠点がある。

一方、電気光学効果や磁気光学効果を利用した能動素子を用いて偏光状態を変化させたり、偏光

第2図に示すようになる。コア1の中心3から外方への半径を r として示すとおり、中心3から外側に進むまでに、コアの屈折率 n_1 よりもわずかな高い屈折率 n_1' の部分を経過してクラッド2の屈折率 n_2 になる。

この発明においては更にらせん状高屈折率部4はコア1の長手方向においてコアの中心3を中心におじられている。また本実施例ではコア1の半径を a 、コアとクラッドの屈折率差 Δ を

$$\Delta = \frac{(n_1^2 - n_2^2)}{2n_1^2} \quad (5)$$

光の波長を λ としたとき

$$v = \frac{2\pi}{\lambda} n_1 a \sqrt{2\Delta} \quad (6)$$

で定義される規格化周波数 v が

$$v < 2.405 \quad (7)$$

を満足するように定められている。

この構成によれば偏光状態を変換する作用が得られることを以下に説明する。

特開昭57-64704(2)

方向を変化させることも知られている(大原、古屋、他、"単一素子光ファイバの出力偏波補償用光回路"昭和55年電子通信学会全国大会、分冊4, P. 4-134, 1980)。しかし、これらの能動素子を動作させるためには電圧、電流源を必要とし、材料としても LiNbO_3 やYIGを必要とするために、安価で簡便な偏光状態変換素子として用いることはできないという欠点がある。

この発明は従来のかかる欠点を排除する目的を有し、光ファイバと突き合わせ接続することにより簡便に偏光状態を変換させることができる偏波面変換素子を提供するものである。

以下、図面を参照してこの発明の詳細を説明する。第1図はこの発明の偏波面変換素子の断面図であり、通常の光ファイバと同様に中心部はコア1、周辺部はクラッド2とされ、コア1の屈折率 n_1 はクラッド2の屈折率 n_2 よりも大とされている。この発明においてはコア1内に、その中心3を中心とするらせん状の高屈折率部4が形成される。即ちこの素子の直径方向の屈折率分布 $n(r)$ は

第1図に示したこの実施例においてAA'方向に偏光した光の伝搬定数を β_1 、これと垂直の方向に偏光した光の伝搬定数を β_2 とすると、伝搬定数の差 $\Delta\beta (= \beta_1 - \beta_2)$ は

$$\Delta\beta = k \Delta \frac{d}{a} (n_1' - n_1) G(v) \quad (8)$$

と表わすことができる。ここで、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 d はらせん状高屈折率部4の幅である。 $G(v)$ は第3図に示すような v 依存性を示すことが計算機解析の結果得られた。

例えば、 $v = 2.3$ 、 $d/a = 0.3$ 、 $\Delta = 5 \times 10^{-4}$ 、 $n_1' - n_1 = (n_1 - n_2) \times 0.4$ 、 $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$ のとき伝搬定数差は

$$\Delta\beta \approx 2.59 \quad (9)$$

となる。光ファイバの断面内の直交する2つの方向に偏光した光の伝搬定数が異なるとき、この差が最も大きくなる方向を複屈折性の主軸と呼ぶ。いま、直線偏波光の偏光方向を光ファイバの主軸に一致するように入射すると、直線偏光状態は保

存されたまま伝搬する (V. Ramanam et al., "Polarization Effects in Short Length, Single Mode Fibers" Bell. Syst. Tech. J. no. 57, no. 3, P. 635, 1978)。

一方、大越等 (大越、菊池、江村、"単一モード光ファイバの偏波面回転特性", 光通信研究資料、1980年7月) によつて示されるように、複屈折性光ファイバをねじつた場合 $\Delta\beta \cdot L$ (L は光ファイバの長さ) が適当な値であれば直線偏光はねじりの角度に追従することが知られている。

この発明の素子の長さは第4図に示すように $L = 2m$ としてあり、この例では $\Delta\beta \cdot L = 5.6(\text{rad})$ となつてゐる。また、コア内のらせん状高屈折率部4は先に述べたように導波路作製時に長手方向に回転するように作られており、この回転角は任意に制御できる。いま、第4図に示すように x 軸方向に偏光した直線偏光の光を入射した場合、らせん状高屈折率部4の回転角 θ (rad) に応じて x 軸と角度 θ の角に偏光した直線偏光が得られる。

つまり、この発明ではコア1内にらせん状高屈

折率部4を形成して、光ファイバを複屈折率性のもとし、そのらせん状高屈折率部4を光ファイバの長手方向に沿つてコア中心を中心に回転させることにより、複屈折率性の光ファイバ自体をねじつたと同様の効果を得て、入射直線偏光はその偏光方向が回転されて出射される。素子の長さ L が短かいが偏光の回転を大きくするには(8)式より n_1' と n_2 との差を大とすればよいが、また第3図より規格化周波数 v を選定して $G(v)$ を大にすればよい。なお高次モードが伝搬する場合は、そのすべてのモードについて伝搬定数の差 $\Delta\beta$ を同一にする必要がある、そのようなことが比較的困難である場合は(7)式を満足させて直交する偏波の2つのモードのみが伝搬可能のように、コア、クラッドの屈折率 n_1, n_2 及びコア径 a を選定すればよい。

以上説明したように、この発明の偏波面変換素子を用いれば、光ファイバと直結して使用することができ、コヒーレント光伝送方式における光の偏光方向の規制や偏波面依存性を有する光集積回路との結合に際して非常に大きな利点がある。ま

た受動素子であり、例えば光ファイバ母材の製造において出発材を引上げながら回転させ、その下端面に光ファイバ原料を堆積させる際に、らせん状高屈折率部4に対する不純物の放射ノズルを出発材の回転中心からずらして設けることにより、らせん状高屈折率部4を容易に形成することができる。つまり安価に多量生産することができる。かつ所望の特性のものを容易に得ることができる。

上述においてはこの発明をステップ形光ファイバに適用したが、コアの屈折率が漸次変化するクラッド形光ファイバに対しても、そのコア内にらせん状高屈折率部を設けてこの発明の素子を得ることもできる。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明による偏波面変換素子の実施例を示す断面図、第2図はその屈折率分布曲線図、第3図は規格化周波数 v とらせん状高屈折率部を有する光導波路の複屈折性を表わす関数 $G(v)$ との関係を示す図、第4図はこの発明の偏波面変換素子に直線偏光の光を入射したときの光の伝搬の線

子を示す図である。

1 : コア、2 : クラッド、4 : らせん状高屈折率部。

図 1

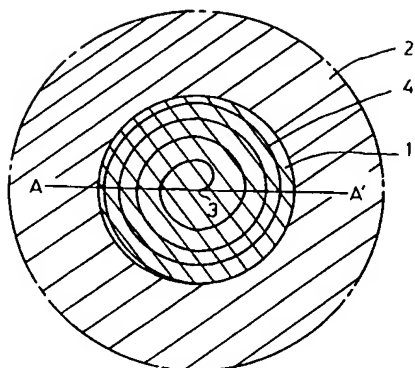


図 2

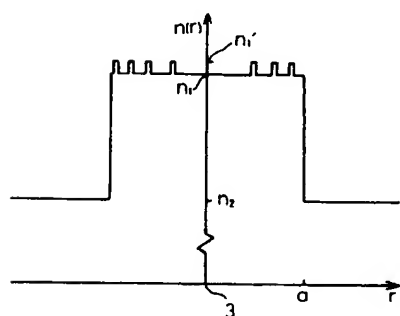


図 3

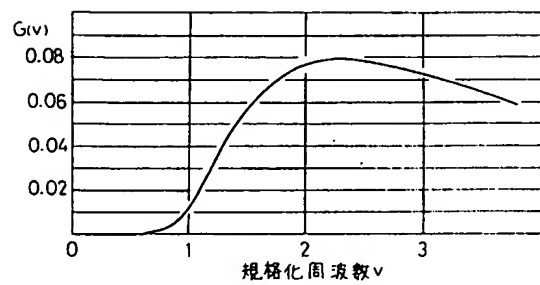


図 4

